

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    1 月 2 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 1 8 4 2 1  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 0 1 8 4 2 1 ]

出      願      人                      ソニー株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月    5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0290640903

【提出日】 平成15年 1月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 03/18

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 成井 啓修

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 日野 智公

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 岡野 展賢

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 御友 重吾

【特許出願人】

    【識別番号】 000002185

    【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100095821

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大澤 斌

【選任した代理人】

【識別番号】 100095326

【弁理士】

【氏名又は名称】 畑中 芳実

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 023766

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010728

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光半導体装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一芯の光ファイバを用いた双方向通信システムの光信号送受信装置を構成する光半導体装置であって、

光信号送信素子として設けられ、ポスト状の積層構造を有する面発光半導体レーザー素子と、

光信号受信素子として素子分離領域を介して面発光半導体レーザー素子の周囲に環状の積層構造を有して設けられ、積層構造上の環状の受光面を面発光半導体レーザー素子の積層構造上の出射面と同じ平面に有する受光素子と

を共通の半導体基板上に備え、

受光素子の径が、光半導体装置に光結合される光ファイバのコアの径より小さいことを特徴とする光半導体装置。

【請求項 2】 面発光半導体レーザー素子及び受光素子のそれぞれの一方の電極が共通電極として半導体基板の裏面に設けられ、

面発光半導体レーザー素子の他方の電極が面発光半導体レーザー素子の積層構造上に環状に設けられ、絶縁膜を介して受光素子上に延在する引出し電極によって引き出され、

受光素子の他方の電極が受光素子の受光面の周辺部に環状に設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の光半導体装置。

【請求項 3】 一芯の光ファイバを用いた双方向通信システムの光信号送受信装置を構成する光半導体装置であって、

光信号受信素子として半導体基板上に積層構造を有して設けられた受光素子と

光信号送信素子として受光素子の積層構造上の中央領域に設けられ、受光素子の径より小さい径のポスト状の積層構造を有する面発光半導体レーザー素子とを備え、

面発光半導体レーザー素子の領域を除く受光素子の積層構造上の領域が受光面を構成し、

受光素子の径が、光半導体装置に光結合される光ファイバのコアの径より小さいことを特徴とする光半導体装置。

【請求項 4】 受光素子の一方の電極が半導体基板の裏面に、他方の電極が受光素子の積層構造上の受光面の周辺部に設けられ、

面発光半導体レーザ素子の一方の電極が面発光半導体レーザ素子の積層構造上に環状に設けられ、他方の電極が面発光半導体レーザ素子の積層構造から外方に受光素子の積層構造上に延在する面発光半導体レーザ素子の積層構造の下部層上に設けられていることを特徴とする請求項 3 に記載の光半導体装置。

【請求項 5】 一芯の光ファイバを用いた双方向通信システムの光信号送受信装置を構成する光半導体装置であつて、

光信号送信素子として設けられ、半導体基板上にポスト状の積層構造を有する面発光半導体レーザ素子と、

面発光半導体レーザ素子の積層構造上に設けられ、面発光半導体レーザ素子の積層構造上の出射面を露出させる開口を中央に有する受光素子と

を備え、

受光素子の径が、光半導体装置に光結合される光ファイバのコアの径より小さいことを特徴とする光半導体装置。

【請求項 6】 面発光半導体レーザ素子の一方の電極が半導体基板の裏面に設けられ、他方の電極が面発光半導体レーザ素子の露出した積層構造上に環状に設けられ、絶縁膜を介して受光素子の開口壁上に延在する引出し電極で引き出され、

受光素子の一方の電極が受光素子の積層構造から面発光半導体レーザ素子の積層構造上に一部露出させた受光素子の積層構造の下部層上に、他方の電極が受光素子の積層構造上に設けられていることを特徴とする請求項 5 に記載の光半導体装置。

【請求項 7】 受光素子が、面発光半導体レーザ素子の発振波長のレーザ光を受光できる受光素子であることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

**【 0 0 0 1 】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、一芯の光ファイバを用いた双方向通信システムの光信号送受信装置を構成する光半導体装置に関し、更に詳細には、光ファイバとの光学アライメントが容易な構成を有するモノリシックに集積された光半導体装置に関するものである。

**【 0 0 0 2 】****【従来の技術】**

近年、一芯の光ファイバ等を使って双方向通信を行う一芯双方向通信システムが実用化され、盛んに応用されている。

ここで、図 1 2 を参照して、従来の一芯双方向通信システムの光信号送受信装置の構成を説明する。図 1 2 は、従来の一芯双方向通信システムの光信号送受信装置の構成を示す模式図である。

従来の一芯双方向通信システムの光信号送受信装置は、図 1 2 に示すように、所要の電気配線を備えた基板 1 0 1 の上にサブマウント 1 0 2 を介してマウントされた半導体レーザ素子 1 0 3 と、基板 1 0 1 上に直接マウントされたフォトダイオード 1 0 4 と、フォトダイオード 1 0 4 上に接着剤などで固定されたプリズム 1 0 5 とを備えている。

**【 0 0 0 3 】**

半導体レーザ素子 1 0 3 から出射されたレーザ光 1 0 6 は、プリズム 1 0 5 によって上方に向かって反射し、プリズム 1 0 5 上方の図示しない光ファイバ内を伝播して相手側に到達する。

光ファイバから出た相手側からのレーザ光は、その一部 1 0 7 がプリズム 1 0 5 で反射し、次いでプリズム 1 0 5 を透過してフォトダイオード 1 0 4 で受光される。

このような一芯双方向通信システムの光半導体装置により、一芯双方通信が可能となる。

**【 0 0 0 4 】**

また、特開平 9 - 4 5 9 9 5 号公報は、一芯双方通信の一つの応用例として、

面発光半導体レーザ素子と受光素子とを集積した光信号送受信装置を開示し、アライメントが簡単で、バーコードリーダーや光学記録再生装置の光学ピックアップに適用できる光信号送受信装置であるとしている。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開平9-45995号公報（第3頁、図1）

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した従来の一芯双方向通信システムの光信号送受信装置では、半導体レーザ素子103から出射されたレーザ光106がプリズム105で上方に向かって反射して光ファイバに入射し、相手側に到達するように、かつ、光ファイバから出た相手側からのレーザ光の一部107がプリズム105を透過してフォトダイオード104で到達するように、半導体レーザ素子103、プリズム105、及びフォトダイオード104を基板101上に配置することが必要である。

しかし、上述の機能を果たすように、基板101上の所定位置に、サブマウント102を介して半導体レーザ素子103をマウントし、フォトダイオード104を直接マウントし、またフォトダイオード104を介してプリズム105をマウントするという光学アライメントは、実際には極めて難しい。

その結果、高信頼性の光信号送受信装置を低コストで製造することが難しかった。

#### 【0007】

そこで、本発明の目的は、一芯双方向通信システムに使用する信頼性の高い光信号送受信装置として機能し、しかも経済的に製造できる構成の光半導体装置を提供することである。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る光半導体装置（以下、第1の発明と言う）は、一芯の光ファイバを用いた双方向通信システムの光信号送受信装置を

構成する光半導体装置であって、

光信号送信素子として設けられ、ポスト状の積層構造を有する面発光半導体レーザー素子と、

光信号受信素子として素子分離領域を介して面発光半導体レーザー素子の周囲に環状の積層構造を有して設けられ、積層構造上の環状の受光面を面発光半導体レーザー素子の積層構造上の出射面と同じ平面に有する受光素子と

を共通の半導体基板上に備え、

受光素子の径が、光半導体装置に光結合される光ファイバのコアの径より小さいことを特徴としている。

#### 【0009】

素子分離領域は、素子同士を電氣的に分離する領域であって、物理的な分離溝でも、また分離溝を誘電体層、例えばポリイミド樹脂層で埋め込んだ分離領域でも良い。

第1の発明の好適な実施態様では、面発光半導体レーザー素子及び受光素子のそれぞれの一方の電極が共通電極として半導体基板の裏面に設けられ、

面発光半導体レーザー素子の他方の電極が面発光半導体レーザー素子の積層構造上に環状に設けられ、絶縁膜を介して受光素子上に延在する引出し電極によって引き出され、

受光素子の他方の電極が受光素子の受光面の周辺部に環状に設けられている。

#### 【0010】

また、本発明に係る別の光半導体装置（以下、第2の発明と言う）は、一芯の光ファイバを用いた双方向通信システムの光信号送受信装置を構成する光半導体装置であって、

光信号受信素子として半導体基板上に積層構造を有して設けられた受光素子と

、  
光信号送信素子として受光素子の積層構造上の中央領域に設けられ、受光素子の径より小さい径のポスト状の積層構造を有する面発光半導体レーザー素子と

を備え、

面発光半導体レーザー素子の領域を除く受光素子の積層構造上の領域が受光面を



構成し、

受光素子の径が、光半導体装置に光結合される光ファイバのコアの径より小さいことを特徴としている。

#### 【0011】

第2の発明の好適な実施態様では、受光素子の一方の電極が半導体基板の裏面に、他方の電極が受光素子の積層構造上の受光面の周辺部に設けられ、

面発光半導体レーザ素子の一方の電極が面発光半導体レーザ素子の積層構造上に環状に設けられ、他方の電極が面発光半導体レーザ素子の積層構造から外方に受光素子の積層構造上に延在する面発光半導体レーザ素子の積層構造の下部層上に設けられている。

#### 【0012】

また、本発明に係る更に別の光半導体装置（以下、第3の発明と言う）は、一芯の光ファイバを用いた双方向通信システムの光信号送受信装置を構成する光半導体装置であって、

光信号送信素子として設けられ、半導体基板上にポスト状の積層構造を有する面発光半導体レーザ素子と、

面発光半導体レーザ素子の積層構造上に設けられ、面発光半導体レーザ素子の積層構造上の出射面を露出させる開口を中央に有する受光素子と

を備え、

受光素子の径が、光半導体装置に光結合される光ファイバのコアの径より小さいことを特徴としている。

#### 【0013】

第1から第3の発明で、受光素子は、例えばフォトダイオードである。また、フォトダイオードとして面発光半導体レーザ素子の発振波長のレーザ光を受光できるフォトダイオードを設けることもできる。これにより、一芯の光ファイバ等を使って双方向通信を行う一芯双方向通信システムの光信号送受信装置を実現することができる。

#### 【0014】

第1から第3の発明に係る光半導体装置は、プリズムを必要としないモノリシ

ック構造で集積されているので、従来のような光学的アライメントが不要になり、光ファイバとの光結合が容易で、信頼性が高く、しかも経済的に作製することができる。

これにより、光信号送受信装置の小型化が可能となり、例えば一芯双方向通信が可能な超小型トランシーバーを実現することができる。

#### 【0015】

第1から第3の発明に係る光半導体装置の積層構造を構成する層構造、半導体基板、化合物半導体の組成等には制約はない。例えば、III-V族化合物半導体、GaAs/AlGaAs系で形成された光半導体装置、特に面発光半導体レーザ素子がGaInAs系で、フォトダイオードがGaInAs系で形成された光半導体装置に好適に適用できる。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、添付図面を参照して、実施形態例に基づいて本発明をより詳細に説明する。尚、以下の実施形態例で示した素子の層構造、導電型、膜種、膜厚、成膜方法、その他寸法等は、本発明の理解を容易にするための例示であって、本発明はこれら例示に限定されるものではない。

##### 実施形態例1

本実施形態例は第1の発明に係る光半導体装置の実施形態の一例であって、図1は本実施形態例の光半導体装置の構成を示す断面図、図2は本実施形態例の光半導体装置の作用を説明する模式的斜視図である。

本実施形態例の光半導体装置300は、図1及び図2に示すように、n-GaAs基板301上に、面発光半導体レーザ素子320と、数ミクロン程度の幅の素子分離領域322を介して、面発光半導体レーザ素子320の周りに集積して設けられたフォトダイオード324とを備えている。

#### 【0017】

面発光半導体レーザ素子320は、n-GaAs基板301上に形成された、n-DBRミラー302、活性領域303、及びp-DBRミラー304からなるポスト型の円柱状積層構造305として形成され、円柱状積層構造の側壁は、

SiO<sub>2</sub> などの絶縁膜 306 で被覆されている。

n-DBRミラー 302 及び p-DBRミラー 304 は、それぞれ、例えば Al<sub>0.1</sub>GaAs と Al<sub>0.95</sub>GaAs の 2 層を交互に 20～30 周期程度積層させた反射膜ミラーとして構成されている。また、活性領域 303 は、GaAs 層をウェル、及び Al<sub>0.3</sub>GaAs 層をバリアとする多重量子井戸構造として構成されている。

#### 【0018】

フォトダイオード 324 は、n-GaAs 基板 301 上に形成され、環状の素子分離領域 322 を介して面発光半導体レーザ素子 320 のポスト状積層構造を取り巻く i-GaAs 層 307 及び p-GaAs 層 308 の環状積層構造として構成されている。

フォトダイオード 324 の径は、図 2 に示すように、光半導体装置 300 に光結合される光ファイバのコアの径より小さい。

#### 【0019】

素子分離領域 322 は、面発光半導体レーザ素子 320 とフォトダイオード 324 との間の環状分離溝をポリイミド樹脂層 310 で埋め込んだ構成になっていて、フォトダイオード 324 の暗電流を低減させると共に、面発光型半導体レーザ素子 320 及びフォトダイオード 324 の双方のクロストークを低減させるために設けてある。

#### 【0020】

面発光半導体レーザ素子 320 の p-DBRミラー 304 上には面発光半導体レーザ素子 320 の環状の p 側電極 312 が設けられ、フォトダイオード 324 の p-GaAs 層 308 上にはフォトダイオード 324 の p 側電極 314 が設けられている。また、n-GaAs 基板 301 の裏面には、面発光半導体レーザ素子 320 及びフォトダイオード 324 の n 側電極として共通電極 313 が設けられている。

更に、素子分離領域 322 上及びフォトダイオード 324 の p-GaAs 層 308 上には、SiO<sub>2</sub> などの絶縁膜 311 が成膜され、面発光半導体レーザ素子 320 の p 側電極 312 は、絶縁膜 311 を介してフォトダイオード 324 上に

設けられた引出し線 315 により引出し電極 316 (図 2 参照) に接続されている。

#### 【0021】

図 2 を参照して、本実施形態例の光半導体装置 300 の作用を説明する。図 1 は本実施形態例の光半導体装置 300 の作用を説明する模式的斜視図である。

光半導体装置 300 では、面発光型半導体レーザ素子 320 から出射されたレーザ光 326 は、光ファイバ 328 のコア 330 に入射して伝播し、相手側に到達する。

一方、相手側から送られて来るレーザ光は、コア 330 の領域に広がりつつ伝播して、広がったレーザ光 332 はフォトダイオード 324 に到達して受光される。図 2 中、317 は、フォトダイオード 324 の p 側電極 314 の引出し電極としてフォトダイオード 324 の外側に設けられた電極である。

#### 【0022】

このように、本実施形態例の光半導体装置 300 では、発光素子である面発光半導体レーザ素子及び受光素子であるフォトダイオードがモノリシックに集積されているので、素子同士の光学アライメントが不要になり、光ファイバとの光結合が容易である。よって、光信号送受信装置の小型化が可能となり、例えば一芯双方向通信が可能な超小型トランシーバーを実現することができる。

#### 【0023】

次に、図 3 から図 5 を参照して、実施形態例 1 の光半導体装置 300 の製造方法を説明する。図 3 (a) から (c)、図 4 (d) から (f)、及び図 5 (g) から (i) は、それぞれ、実施形態例 1 の光半導体装置 300 を製造する際の各工程の基板断面図である。

まず、図 3 (a) に示すように、n-GaAs 基板 301 を用意し、図 3 (b) に示すように、n-GaAs 基板 301 上に、MOCVD 法などの結晶成長方法により所要の化合物半導体層をエピタキシャル成長させ、n-DBR ミラー 302、活性領域 303、及び p-DBR ミラー 304 からなる面発光半導体レーザ素子を構成する積層構造を形成する。

次に、図 3 (c) に示すように、ウエットエッチング法又はドライエッチング

法によって積層構造をエッチングして、円柱状積層構造 305 を形成する。

#### 【0024】

次いで、図 4 (d) に示すように、円柱状積層構造 305 上に  $\text{SiO}_2$  などの絶縁膜 306 を成膜して、円柱状積層構造 305 の上面及び側面を被覆する。

次に、円柱状積層構造 305 を形成した  $\text{n-GaAs}$  基板 301 を成長装置に導入し、図 4 (e) に示すように、選択成長法により、円柱状積層構造 305 の周りの  $\text{n-GaAs}$  基板 301 上に  $\text{i-GaAs}$  層 307 及び  $\text{p-GaAs}$  層 308 を選択成長させ、フォトダイオード 324 の積層構造を形成する。

続いて、選択成長させた  $\text{i-GaAs}$  層 307 及び  $\text{p-GaAs}$  層 308 の積層構造を  $\text{n-GaAs}$  基板 301 までエッチングして、図 4 (f) に示すように、 $\text{n-GaAs}$  基板 301 を露出させた、幅数ミクロン程度の環状の分離溝 309 を面発光半導体レーザ素子 320 の円柱状積層構造 305 とフォトダイオード 324 の環状積層構造との間に形成する。

#### 【0025】

次いで、図 5 (g) に示すように、分離溝 309 をポリイミド樹脂層 310 で埋め込み、素子分離領域 322 を形成する。

次に、図 5 (h) で示すように、基板全面に  $\text{SiO}_2$  などの絶縁膜を成膜し、続いてパターニングして、円柱状積層構造 305 上、素子分離領域 322 上、及び  $\text{p-GaAs}$  層 308 上の所要領域に絶縁膜 311 を設ける。

#### 【0026】

続いて、円柱状積層構造 305 上の絶縁膜 311 及び絶縁膜 306 を除去して、 $\text{p-DBR}$  ミラー 304 上に面発光半導体レーザ素子 320 の  $\text{p}$  側電極 312 を設け、 $\text{p-GaAs}$  層 308 上の絶縁膜 311 を除去して、フォトダイオード 324 の受光面を設けると共に  $\text{p}$  側電極 314 を設ける。

また、 $\text{n-GaAs}$  基板 301 の裏面に、面発光半導体レーザ素子 320 及びフォトダイオード 324 の  $\text{n}$  側電極として共通電極 313 を設ける。

更に、素子分離領域 322 上及びフォトダイオード 324 の  $\text{p-GaAs}$  層 308 上に絶縁膜 311 を介して面発光半導体レーザ素子 320 の  $\text{p}$  側電極 312 の引出し線 315 を設け、フォトダイオード 324 の外側に引出し線 315 に接

続する引出し電極 316 (図 2 参照) を設ける。また、フォトダイオード 324 の外側にフォトダイオード 324 の p 側電極 314 の引出し電極 317 (図 2 参照) を設ける。

#### 【0027】

#### 実施形態例 2

本実施形態例は第 2 の発明に係る光半導体装置の実施形態の一例であって、図 6 は本実施形態例の光半導体装置の構成を示す断面図である。

本実施形態例の光半導体装置 400 は、図 6 に示すように、 $n$ -GaAs 基板 401 上に形成されたフォトダイオード 420 と、フォトダイオード 420 上に形成された面発光半導体レーザ素子 422 とを備えている。

#### 【0028】

フォトダイオード 420 は、 $n$ -GaAs 基板 401 に形成された  $i$ -GaAs 層 402 及び  $p$ -GaAs 層 403 の積層構造として構成され、 $p$ -GaAs 層 403 の周辺部に p 側電極 411 を、 $n$ -GaAs 基板 401 の裏面に n 側電極 412 を備えている。

フォトダイオード 420 の積層構造の径は、光半導体装置 400 に光結合される光ファイバのコアの径より小さい。

#### 【0029】

面発光半導体レーザ素子 422 は、フォトダイオード 420 の  $p$ -GaAs 層 403 上に形成された、 $n$ -DBR ミラー 404、活性領域 405、及び  $p$ -DBR ミラー 406 からなるポスト型で、フォトダイオード 402 の積層構造の径より小さい円柱状積層構造 407 として形成されている。

円柱状積層構造 407 は、その半周にわたりポリイミド樹脂層 408 で埋め込まれている。尚、ポリイミド樹脂層 408 で埋め込む代わりに、絶縁膜等で円柱状積層構造 407 の側壁を被覆しても良い。

$n$ -DBR ミラー 404 及び  $p$ -DBR ミラー 406 は、それぞれ、例えば  $Al_{0.1}GaAs$  と  $Al_{0.95}GaAs$  の 2 層を交互に 20～30 周期程度積層させた反射膜ミラーとして構成されている。また、活性領域 405 は、GaAs 層をウエル、及び  $Al_{0.3}GaAs$  層をバリアとする多重量子井戸構造として構成さ

れている。

### 【0030】

面発光半導体レーザ素子422のp-DBRミラー406上及びポリイミド樹脂層408上には面発光半導体レーザ素子422の環状のp側電極及び引出し電極409が設けられ、フォトダイオード420のp-GaAs層403上に延在するn-DBRミラー404の下部層404a上に面発光半導体レーザ素子422のn側電極410が設けられている。

ポリイミド樹脂層408を含む面発光半導体レーザ素子422の領域を除くフォトダイオード420の積層構造上の領域が受光面を構成している。

### 【0031】

このように、本実施形態例の光半導体装置400では、発光素子である面発光半導体レーザ素子及び受光素子であるフォトダイオードがモノリシックに集積されているので、素子同士の光学アライメントが不要になり、光ファイバとの光結合が容易である。よって、光信号送受信装置の小型化が可能となり、例えば一芯双方向通信が可能な超小型トランシーバーを実現することができる。

### 【0032】

図7及び図8を参照して、実施形態例2の光半導体装置400の製造方法を説明する。図7(a)と(b)、及び図8(c)と(d)は、それぞれ、実施形態例2の光半導体装置を製造する際の各工程の基板断面図である。

先ず、図7(a)に示すように、n-GaAs基板401上に、MOCVD法などの結晶成長方法によりi-GaAs層402及びp-GaAs層403をエピタキシャル成長させ、フォトダイオード420の積層構造を形成する。

続いて、図7(b)に示すように、p-GaAs層403上に、MOCVD法等により所要の化合物半導体層をエピタキシャル成長させて、n-DBRミラー404、活性領域402、及びp-DBRミラー406からなる面発光型半導体レーザ素子422の積層構造を形成する。

### 【0033】

次いで、図8(c)に示すように、n-DBRミラー404の下部層404aを残すようにして、エッチングを行い、面発光半導体レーザ素子422を構成す

る円柱状積層構造 407 を形成する。

次いで、図 8 (d) に示すように、半周にわたり円柱状積層構造 407 をポリイミド樹脂層 408 で埋め込む。続いて、面発光半導体レーザ素子 422 の p-DBR ミラー 406 上及びポリイミド樹脂層 408 上に面発光半導体レーザ素子 322 の環状の p 側電極及び引出し電極 409 を設け、フォトダイオード 420 の p-GaAs 層 403 上に延在する n-DBR ミラー 404 の下部層 404a 上に面発光半導体レーザ素子 322 の n 側電極 410 を設ける。

また、フォトダイオード 420 の p 側電極 411 及び n 側電極 412 を、それぞれ、p-GaAs 層 403 の周辺部及び n-GaAs 基板 401 の裏面に設ける。

#### 【0034】

#### 実施形態例 3

本実施形態例は第 3 の発明に係る光半導体装置の実施形態の一例であって、図 9 は本実施形態例の光半導体装置の構成を示す断面図である。

本実施形態例の光半導体装置 500 は、図 9 に示すように、n-GaAs 基板 501 上に形成された面発光半導体レーザ素子 520 と、面発光半導体レーザ素子 520 上に形成されたフォトダイオード 522 とを備えている。

#### 【0035】

面発光半導体レーザ素子 520 は、n-GaAs 基板 501 上に形成された、n-DBR ミラー 502、活性領域 503、及び p-DBR ミラー 504 からなる積層構造として形成されている。

n-DBR ミラー 502 及び p-DBR ミラー 504 は、それぞれ、例えば  $\text{Al}_{0.1}\text{GaAs}$  と  $\text{Al}_{0.95}\text{GaAs}$  の 2 層を交互に 20～30 周期程度積層させた反射膜ミラーとして構成されている。また、活性領域 503 は、GaAs 層をウェル、及び  $\text{Al}_{0.3}\text{GaAs}$  層をバリアとする多重量子井戸構造として構成されている。

#### 【0036】

フォトダイオード 522 は、面発光半導体レーザ素子 520 の p-DBR ミラー 504 上に順次成長させた、n-GaAs 層 505、i-GaAs 層 506、



及び p-GaAs 層 507 からなる積層構造を備えている。

p-GaAs 層 506 の周辺部にフォトダイオード 522 の p 側電極 511 が設けられ、また、n-GaAs 層 505 の一部を露出させるように、積層構造の側壁部が除去され、露出した n-GaAs 層 505 上に n 側電極 512 が設けられている。

#### 【0037】

フォトダイオード 522 の積層構造は、中央部に逆円錐台状の開口 508 を備え、面発光半導体レーザ素子 520 の p-DBR ミラー 504 を開口底に露出させている。逆円錐台状の開口 524 の開口壁には、絶縁膜 509 が成膜され、かつ開口底で p-DBR ミラー 504 に電氣的に接続する金属膜が、面発光半導体レーザ素子 520 の p 側電極及び引出し電極 510 として絶縁膜 509 を介して開口壁上、次いで p-GaAs 層 507 上に延在している。

また、面発光半導体レーザ素子 520 の n 側電極 513 は、n-GaAs 基板 501 の裏面に設けられている。

#### 【0038】

このように、本実施形態例の光半導体装置 500 では、発光素子である面発光半導体レーザ素子及び受光素子であるフォトダイオードがモノリシックに集積されているので、素子同士の光学アライメントが不要になり、光ファイバとの光結合が容易である。よって、光信号送受信装置の小型化が可能となり、例えば一芯双方向通信が可能な超小型トランシーバーを実現することができる。

#### 【0039】

図 10 及び図 11 を参照して、実施形態例 3 の光半導体装置の製造方法を説明する。図 10 (a) と (b)、及び図 11 (c) と (d) は、それぞれ、実施形態例 3 の光半導体装置を製造する際の各工程の基板断面図である。

まず、図 10 (a) に示すように、n-GaAs 基板 501 上に、MOCVD 法などの結晶成長方法で、所要の化合物半導体層をエピタキシャル成長させ、n-DBR ミラー 502、活性領域 503、及び p-DBR ミラー 504 からなる面発光半導体レーザ素子 520 の積層構造を形成する。

続いて、面発光半導体レーザ素子 520 の p-DBR ミラー 504 上に、n-

GaAs 505、i-GaAs 506、p-GaAs 507をエピタキシャル成長させて、フォトダイオード522の積層構造を形成する。

#### 【0040】

次いで、図11(c)に示すように、フォトダイオード522の積層構造を構成するp-GaAs 507、i-GaAs 506、及びn-GaAs 505をウェットエッチングして、積層構造の中央部に逆円錐台状の開口508を形成し、開口508の底に面発光半導体レーザ素子520のp-DBRミラー504を露出させる。

次に、図11(d)に示すように、SiO<sub>2</sub>などの絶縁膜509を開口508の開口壁上に成膜し、更に、開口508の開口底のp-DBRミラー504上の絶縁膜509を除去して、レーザ光の取り出し窓を開ける。続いて、開口底のp-DBRミラー504上に面発光型半導体レーザ素子520の環状のp側電極510を形成し、更に絶縁膜509上にp側電極510の引き出し電極を形成する。

また、フォトダイオード522の積層構造の一部側壁を除去して、n-GaAs 505上にフォトダイオード522のn側電極512を形成し、n-GaAs基板501の裏面に面発光半導体レーザ素子520のn側電極513を形成する。

これにより、実施形態例3の光半導体装置500を作製することができる。

#### 【0041】

実施形態例2及び3の光半導体装置400、500は、1回のエピタキシャル成長工程で面発光半導体レーザ素子とフォトダイオードの積層構造を形成できるという利点を有する。

実施形態例1から3では、GaAsの量子井戸構造を活性層とし、発振波長が0.85μm帯の面発光半導体レーザ素子と、0.85μm帯のレーザ光を受光できるGaAsのフォトダイオードとを備えている。

また、GaInNAsの材料系を用いた1.3μm帯の面発光半導体レーザ素子と、GaInAsを用いたフォトダイオードとの組み合わせでも良い。但し、GaInAsの場合、GaAsとの格子不整合が数%程度あるため、GaAs基板

あるいは、面発光型半導体レーザ素子との界面にバッファ層などを導入することが好ましい。

更には、InP基板を用いたInGaAsP系の材料の組み合わせの光半導体装置にも、本発明を適用することができる。

#### 【0042】

#### 【発明の効果】

第1の発明によれば、ポスト状の積層構造を有する面発光半導体レーザ素子と、面発光半導体レーザ素子を環状に取り巻く積層構造を有するフォトダイオードとが、モノリシック構造で共通基板上に集積されているので、従来のような光学アライメントが不要になり、信頼性が高く、しかも経済的に作製することができる光半導体装置を実現している。

第2の発明によれば、フォトダイオードと、フォトダイオード上に形成されたポスト状の積層構造を有する面発光半導体レーザ素子とが、モノリシック構造で集積されているので、従来のような光学アライメントが不要になり、信頼性が高く、しかも経済的に作製することができる光半導体装置を実現している。

第3の発明によれば、ポスト状の積層構造を有する面発光半導体レーザ素子と、面発光半導体レーザ素子上に形成されたフォトダイオードとが、モノリシック構造で集積されているので、従来のような光学アライメントが不要になり、信頼性が高く、しかも経済的に作製することができる光半導体装置を実現している。

第1から第3の発明に係る光半導体装置を一芯の光ファイバを用いた双方向通信システムの光信号送受信装置に適用することにより、例えば超小型のトランシーバーを実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

実施形態例1の光半導体装置の構成を示す断面図である。

#### 【図2】

実施形態例1の光半導体装置の作用を説明する模式的斜視図である。

#### 【図3】

図3(a)から(c)は、それぞれ、実施形態例1の光半導体装置を製造する

際の各工程の基板断面図である。

【図 4】

図 4 (d) から (f) は、それぞれ、図 3 (c) に続いて、実施形態例 1 の光半導体装置を製造する際の各工程の基板断面図である。

【図 5】

図 5 (g) から (i) は、それぞれ、図 4 (f) に続いて、実施形態例 1 の光半導体装置を製造する際の各工程の基板断面図である。

【図 6】

実施形態例 2 の光半導体装置の構成を示す断面図である。

【図 7】

図 7 (a) と (b) は、それぞれ、実施形態例 2 の光半導体装置を製造する際の各工程の基板断面図である。

【図 8】

図 8 (c) と (d) は、それぞれ、図 7 (b) に続いて、実施形態例 2 の光半導体装置を製造する際の各工程の基板断面図である。

【図 9】

実施形態例 3 の光半導体装置の構成を示す断面図である。

【図 10】

図 10 (a) と (b) は、それぞれ、実施形態例 3 の光半導体装置を製造する際の各工程の基板断面図である。

【図 11】

図 11 (c) と (d) は、それぞれ、図 10 (b) に続いて、実施形態例 3 の光半導体装置を製造する際の各工程の基板断面図である。

【図 12】

従来の光信号送受信装置の構成を示す模式図である。

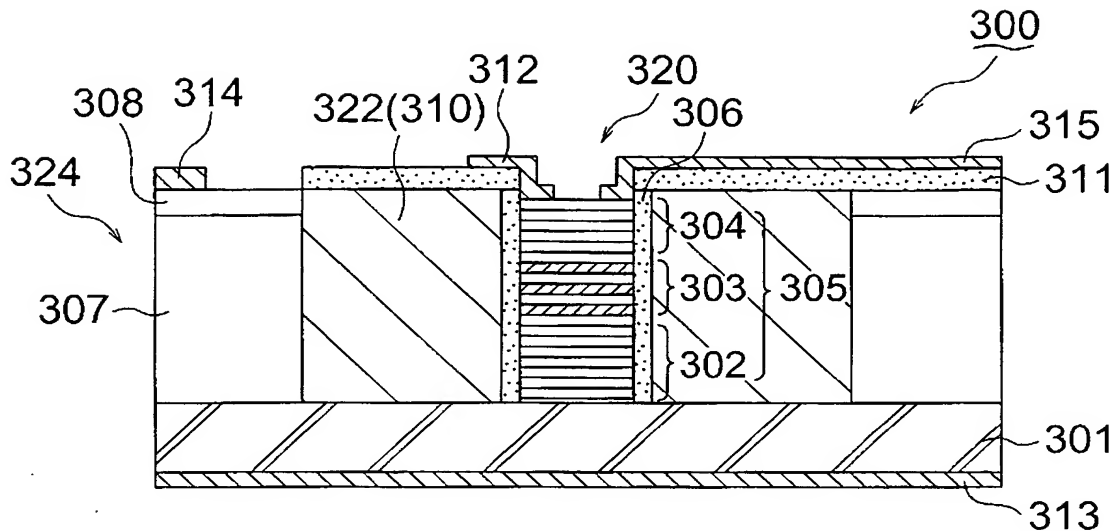
【符号の説明】

300……実施形態例 1 の光半導体装置、301…… $n$ -GaAs 基板、302…… $n$ -DBR ミラー、303……活性領域、304…… $p$ -DBR ミラー、305……ポスト型の円柱状積層構造、306…… $\text{SiO}_2$  などの絶縁膜、30

7……i-GaAs層、308……p-GaAs層、310……ポリイミド樹脂層、311……絶縁膜、312……面発光半導体レーザ素子のp側電極、313……共通電極、314……フォトダイオードのp側電極、315……引出し線、316……引出し電極、317……引出し電極、320……面発光半導体レーザ素子、322……素子分離領域、324……フォトダイオード、326……レーザ光、328……光ファイバ、330……コア、332……レーザ光、400……実施形態例2の光半導体装置、401……n-GaAs基板、402……i-GaAs層、403……p-GaAs層、404……n-DBRミラー、405……活性領域、406……p-DBRミラー、407……円柱状積層構造、408……ポリイミド樹脂層、409……面発光半導体レーザ素子のp側電極及び引出し電極、410……面発光半導体レーザ素子のn側電極、411……フォトダイオードのp側電極、412……フォトダイオードのn側電極、420……フォトダイオード、422……面発光半導体レーザ素子、500……実施形態例3の光半導体装置、501……n-GaAs基板、502……n-DBRミラー、503……活性領域、504……p-DBRミラー、505……n-GaAs層、506……i-GaAs層、507……p-GaAs層、508……逆円錐台状の開口、509……絶縁膜、510……面発光半導体レーザ素子のp側電極及び引出し電極、511……フォトダイオードのp側電極、512……フォトダイオードのn側電極、513……面発光半導体レーザ素子のn側電極、520……面発光半導体レーザ素子、522……フォトダイオード。

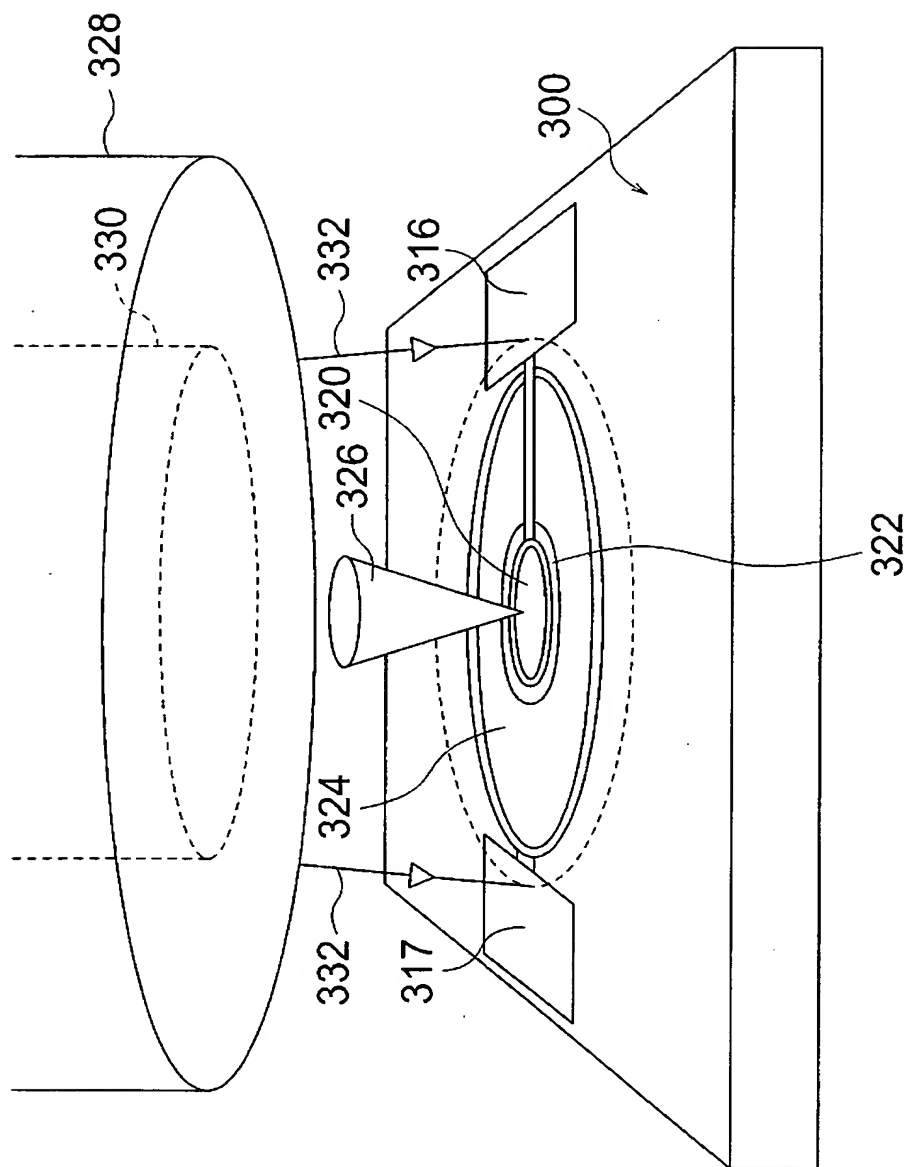
【書類名】 図面

【図 1】



- 300……実施形態例1の光半導体装置  
 301……n-GaAs基板  
 302……n-DBRミラー  
 303……活性領域  
 304……p-DBRミラー  
 305……ポスト型の円柱状積層構造  
 306……SiO<sub>2</sub>などの絶縁膜  
 307……i-GaAs層  
 308……p-GaAs層  
 310……ポリイミド樹脂層  
 311……絶縁膜  
 312……面発光半導体レーザ素子のp側電極  
 313……共通電極  
 314……フォトダイオードのp側電極  
 315……引出し線  
 316……引出し電極(図2参照)  
 317……引出し電極(図2参照)  
 320……面発光半導体レーザ素子  
 322……素子分離領域  
 324……フォトダイオード

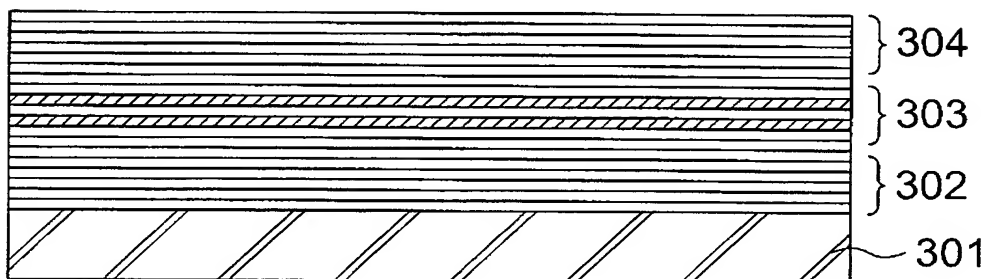
【図 2】



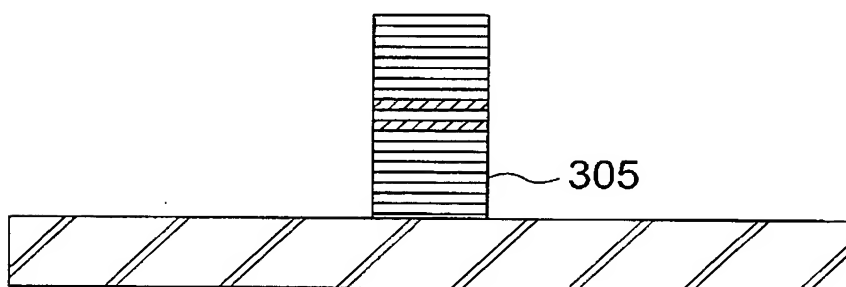
【図 3】



(a)



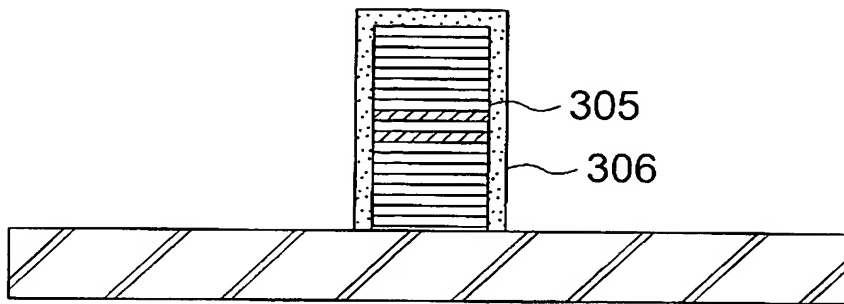
(b)



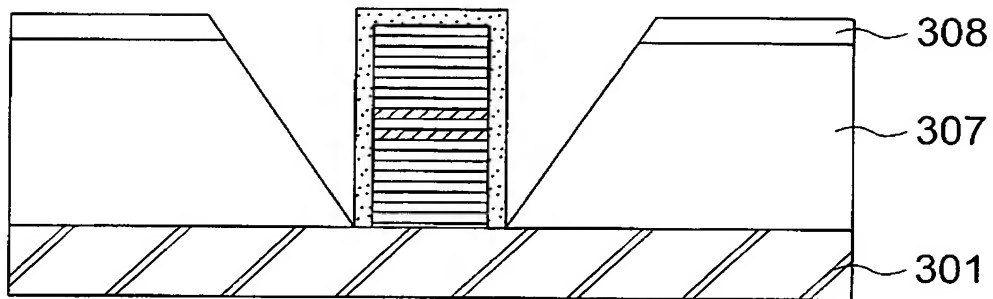
(c)



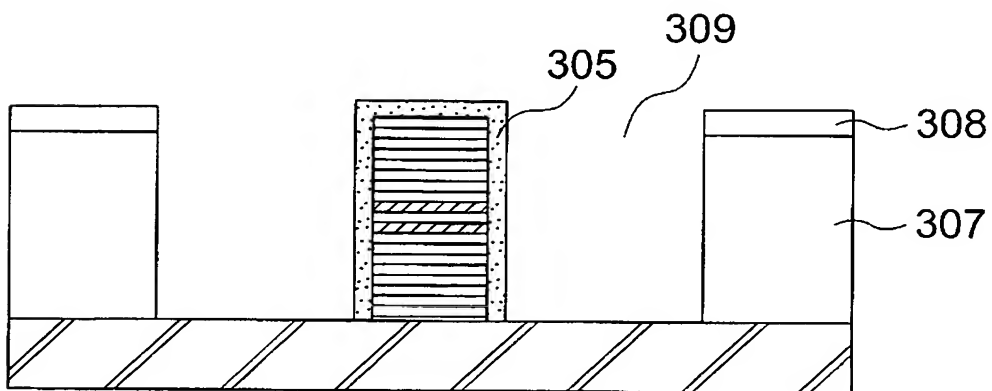
【図 4】



(d)

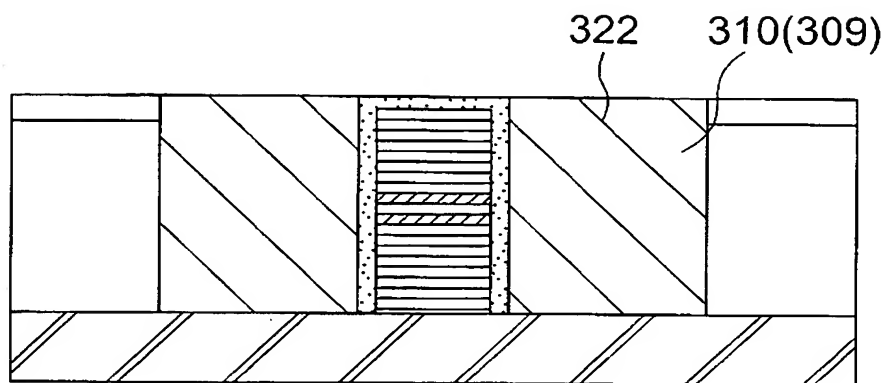


(e)

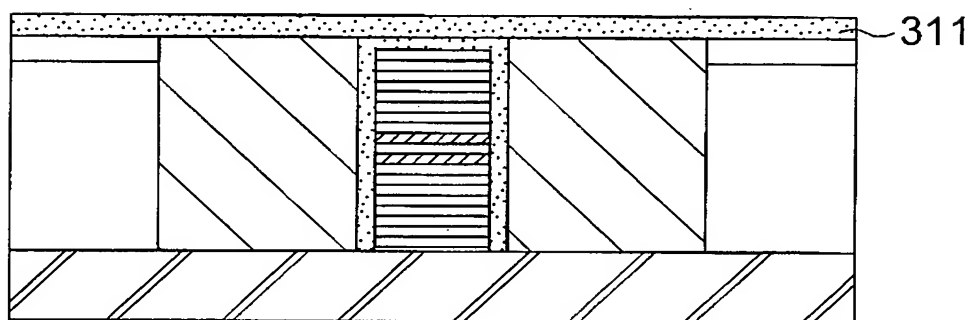


(f)

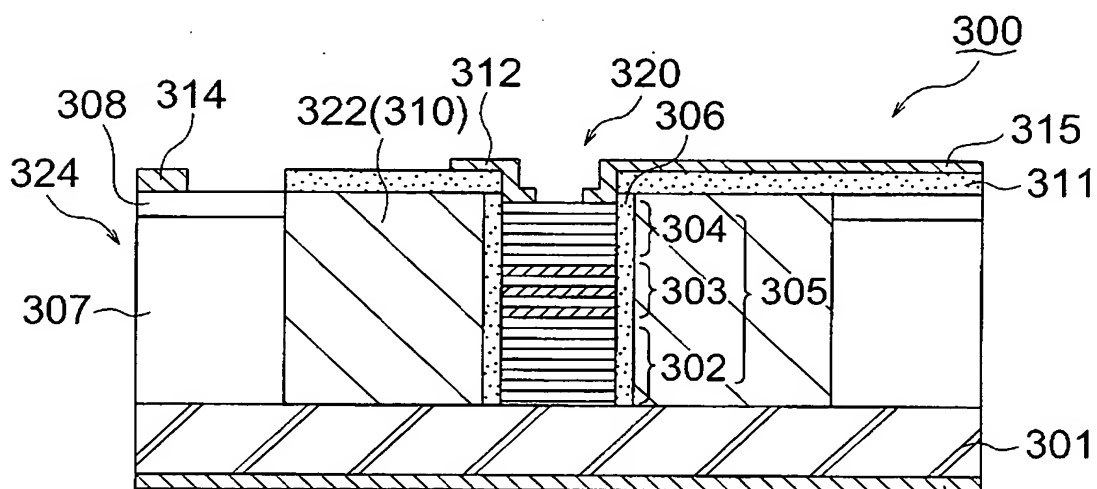
【図 5】



(g)

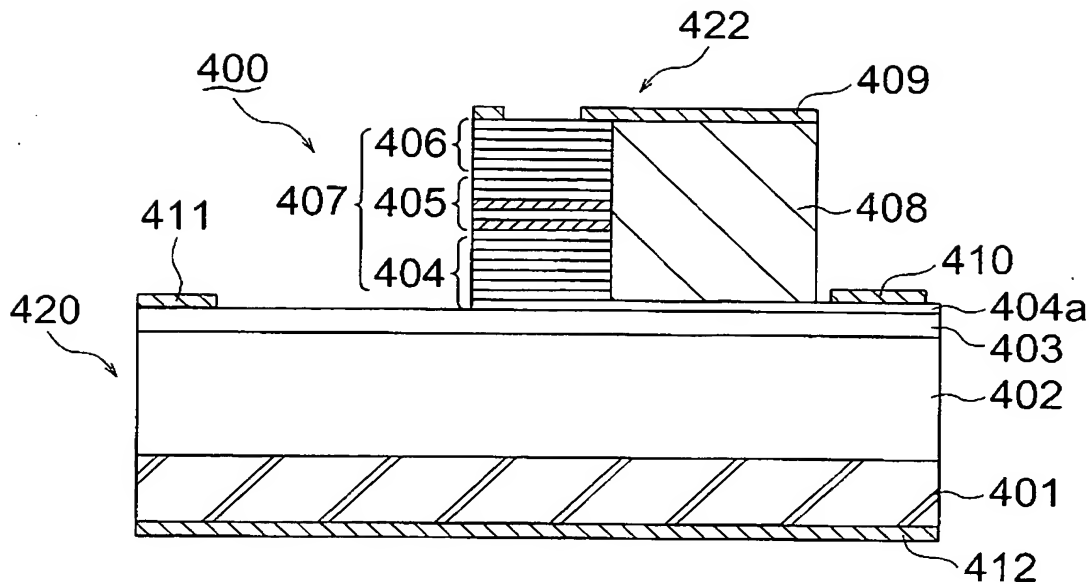


(h)



(i)

【図6】



400……実施形態例2の光半導体装置

401……n-GaAs基板

402……i-GaAs層

403……p-GaAs層

404……n-DBRミラー

405……活性領域

406……p-DBRミラー

407……円柱状積層構造

408……ポリイミド樹脂層

409……面発光半導体レーザ素子のp側電極  
及び引出し電極

410……面発光半導体レーザ素子のn側電極

411……フォトダイオードのp側電極

412……フォトダイオードのn側電極

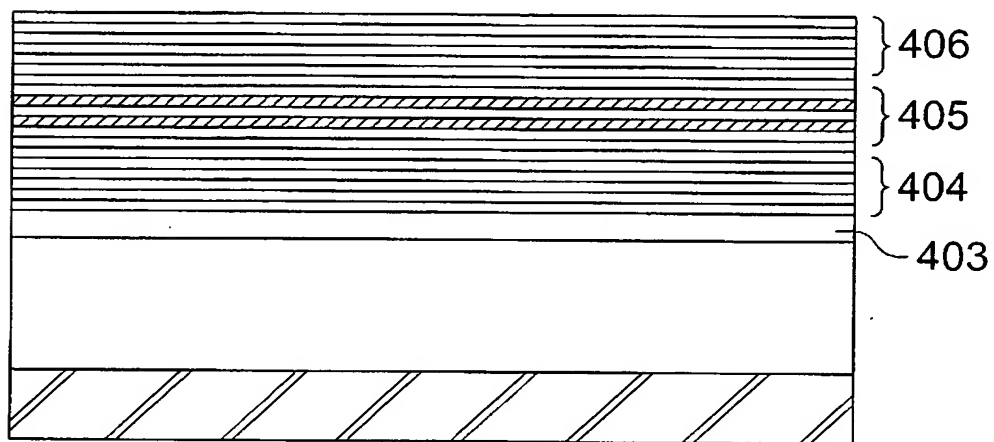
420……フォトダイオード

422……面発光半導体レーザ素子

【図 7】

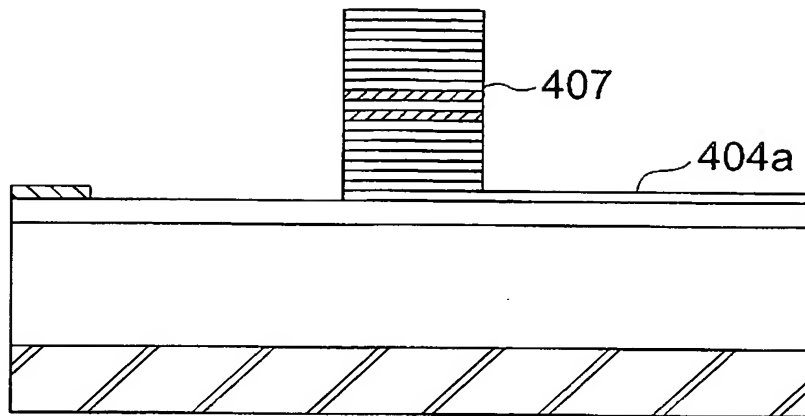


(a)

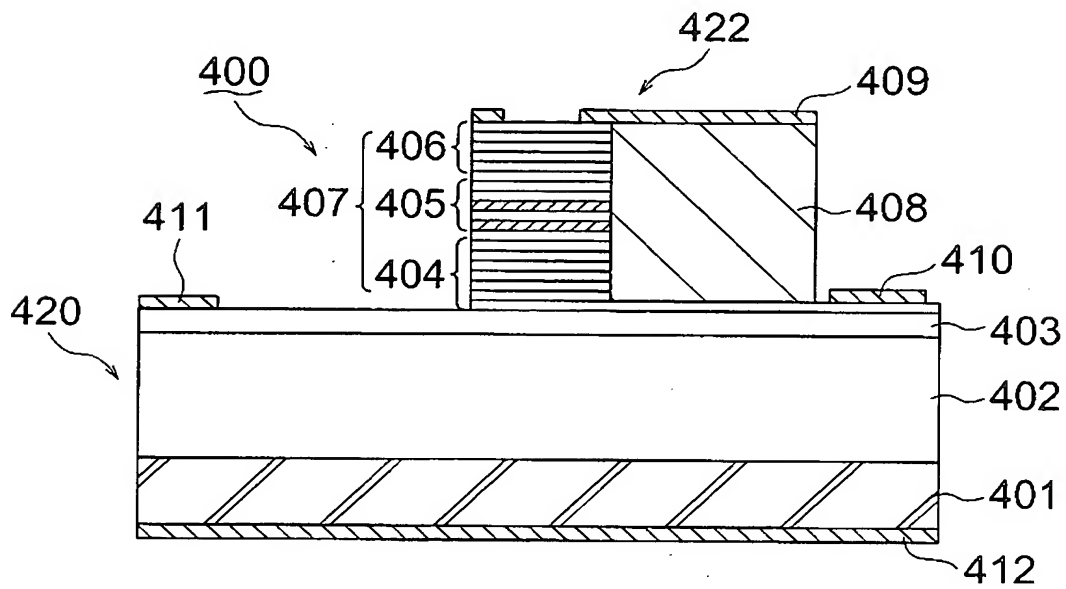


(b)

【図 8】

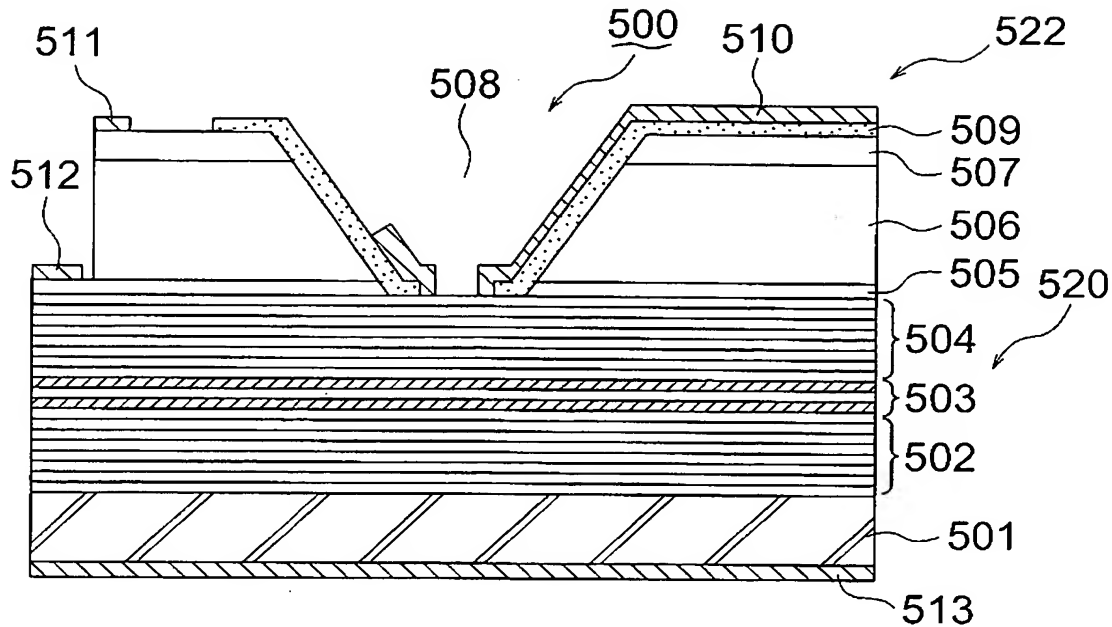


(c)



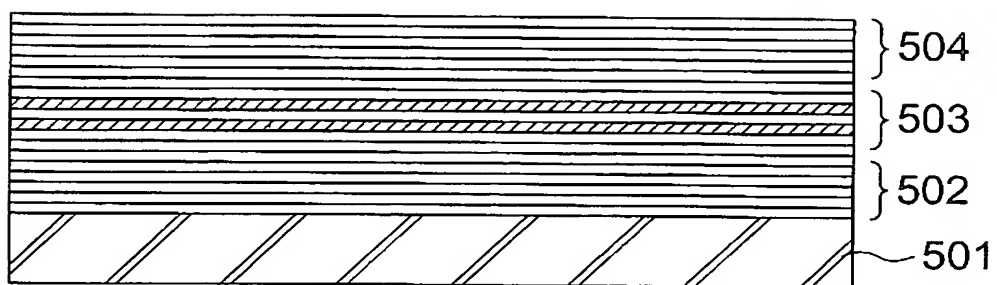
(d)

【図9】

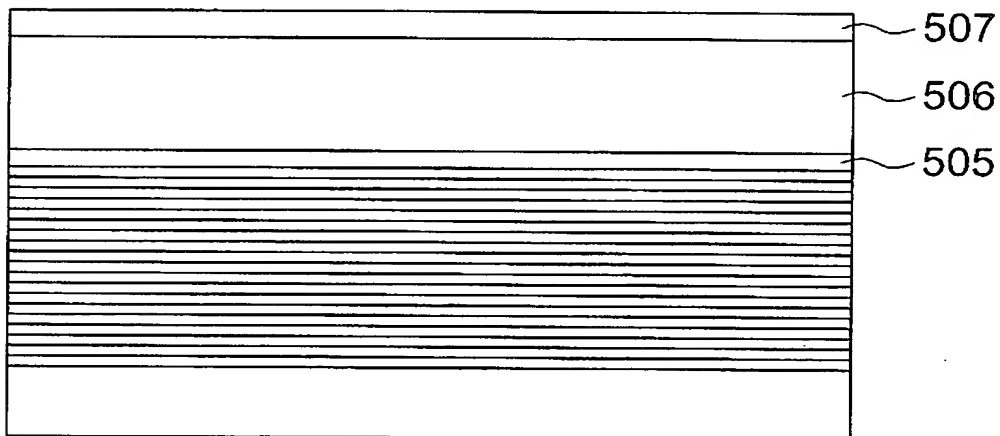


- 500……実施形態例3の光半導体装置  
 501……n-GaAs基板  
 502……n-DBRミラー  
 503……活性領域  
 504……p-DBRミラー  
 505……n-GaAs層  
 506……i-GaAs層  
 507……p-GaAs層  
 508……逆円錐台状の開口  
 509……絶縁膜  
 510……面発光半導体レーザ素子のp側電極  
         及び引出し電極  
 511……フォトダイオードのp側電極  
 512……フォトダイオードのn側電極  
 513……面発光半導体レーザ素子のn側電極  
 520……面発光半導体レーザ素子  
 522……フォトダイオード

【図 10】

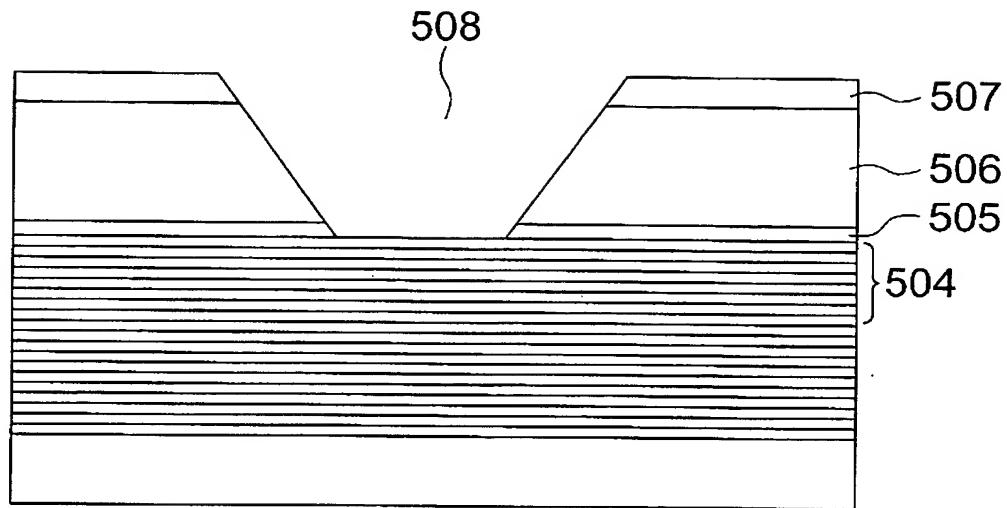


(a)

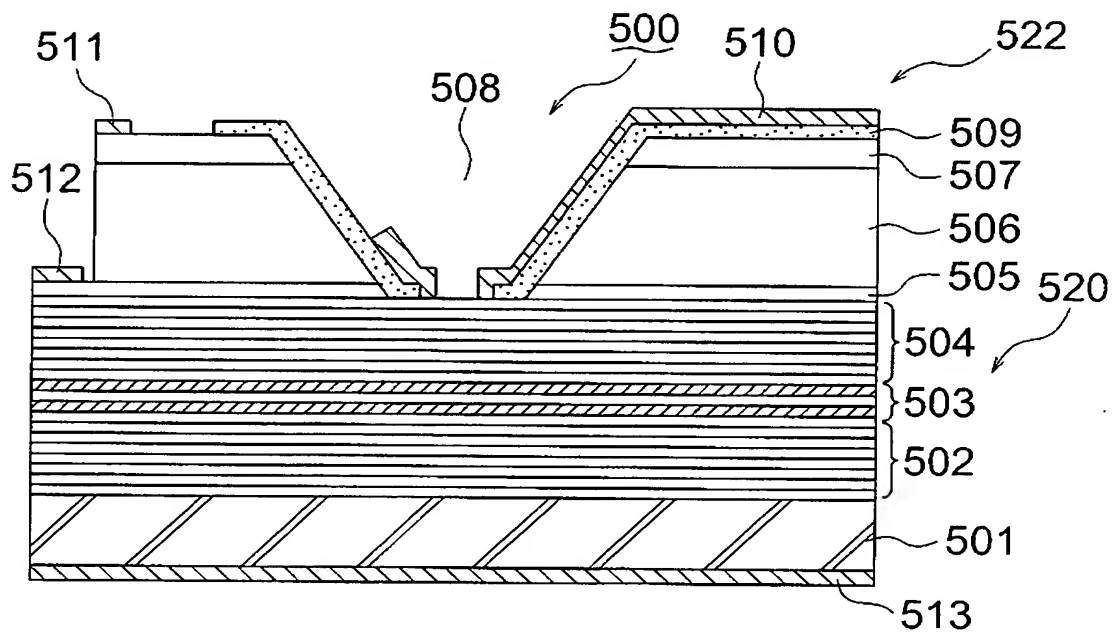


(b)

【図 11】



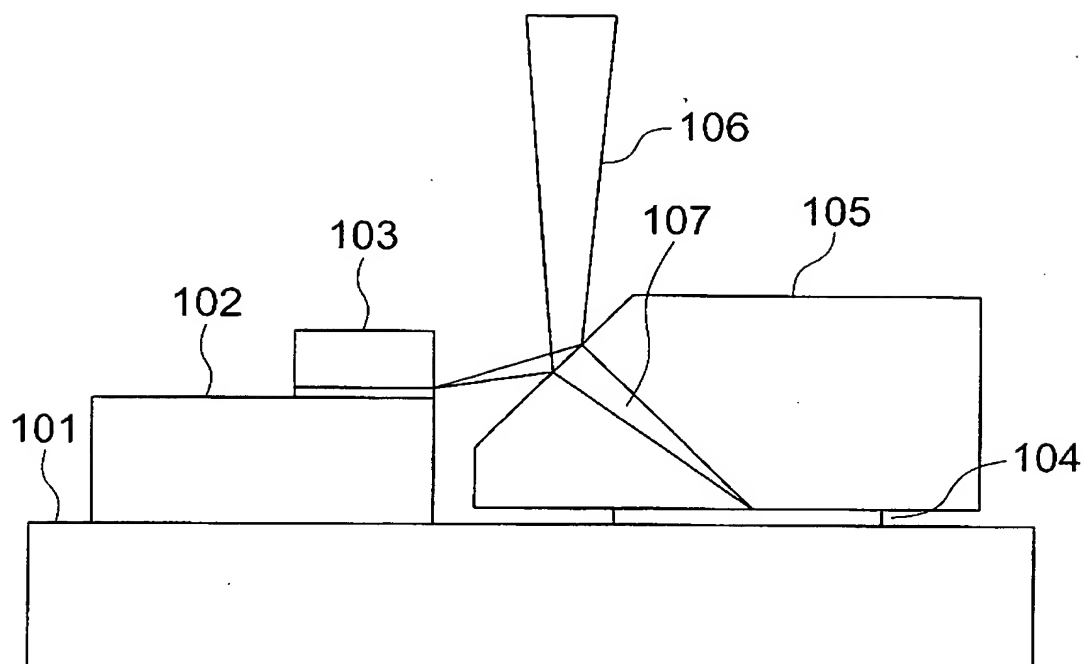
(c)



(d)



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一芯双方向通信システムに使用する信頼性の高い光信号送受信装置として機能し、しかも経済的に製造できる構成の光半導体装置を提供する。

【解決手段】 本光半導体装置 300 は、 $n$ -GaAs 基板 301 上に、面発光半導体レーザ素子 320 と、素子分離領域 322 を介してレーザ素子の周りに集積して設けられたフォトダイオード 324 とを備える。レーザ素子は、基板上に形成された、 $n$ -DBR ミラー 302、活性領域 303、及び  $p$ -DBR ミラー 304 からなり、側壁が絶縁膜 306 で被覆されたポスト状円柱状積層構造 305 を備える。フォトダイオードは、基板上に形成され、素子分離領域を介してレーザ素子を取り巻く  $i$ -GaAs 層 307 及び  $p$ -GaAs 層 308 の環状積層構造を備える。フォトダイオードの径は光半導体装置に光結合される光ファイバのコアの径より小さい。レーザ素子とフォトダイオードがモノリシックに集積されているので、素子同士の光学アライメントが不要になり、光ファイバとの光結合が容易である。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 1 8 4 2 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 8 5 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社